

**10/579499**  
明 細 書 **P20** Rec'd PCT/PTO 16 MAY 2006

## 光制御装置

### 技術分野

[0001] 本発明は、光伝送路の開閉度を可変制御する光制御装置に関する。

### 背景技術

[0002] 近年、長距離大容量光通信システムにおいては、希土類元素をドープした光ファイバーアンプにより光信号を直接に増幅する、高感度光通信方式が採用されている。このようなシステムにおいては、送信光信号を異なる波長の励起光で励起し誘導放出により増幅送信光信号を得ている。この光増幅において、光ファイバーアンプ中に信号光が急に入出力した場合、アンプ内で蓄積されているエネルギーが急激に誘導放出され、高強度な光パルス(サージ光)が発生することが知られている。これは、波長多重通信等での信号切り替え時、あるいは意図せぬ光信号の瞬断等により生じる。このような高強度な光パルス(サージ光)が伝送されると、次段の光装置内の光部品を劣化または破壊する原因となる。

[0003] また、最近のファイバー・ツー・ザ・ホーム(FTTH)に代表されるブロードバンド化では、各家庭まで光信号が配信されるが、送信側(局者側)より意図せぬ高入力光が伝送される場合がある。これは、例えばシステムのメンテナンス時に起こりやすい。さらには、受信側(顧客側)から高入力な光を逆伝送し、送信側の光装置を意図的に破壊する可能性もある。このような背景において、サージ光あるいは高入力光から光装置を防御、保護する対策が重要となっている。

[0004] 従来、このようなサージ光あるいは高入力光から光装置を防御するための動作をする装置として、ファイバー型の光ヒューズ等が提案されている。ファイバー型の光ヒューズは、原理としてファイバーヒューズ現象を用いるものであり、例えば導波領域の一部に光吸収性物質等を塗布するあるいはファイバーコア径を意図的に不連続にすることにより、局所的な吸収・損失により熱を発生させファイバーコア領域を溶融・蒸発させるもので、これにより伝搬光を散乱・遮断させることが可能となる。

[0005] 図11は、米国特許公開明細書20020141021 A1に開示されているファイバー

型光ヒューズの構成例である。光ファイバー111を通る入力光115は、励起光源113およびファイバーアンプ112を介して増幅されるが、その出力側にテーパ型ファイバー114が接続されている。テーパ型ファイバー114においてはコア形状の違いにより導波光が分散し、高出力光に対し特に弱い特徴を有している。

[0006] これにより、サージ光等が発生した場合に、テーパ型ファイバー114領域で熱破壊が生じ、出力光116のパワーを減じることが可能となる。

[0007] 図12は、特開平11-281842号公報に開示されているファイバー型光ヒューズの構成例である。この例では、管体122内で感熱変成物質および光発熱物質からなる媒体123を光ファイバー121に介在させることを特徴としている。感熱変成物質層は、光透過性を有し、入力光124の光強度に応じて発熱し、ある光パワー以上で発熱により熱破壊し伝搬光を散乱・遮断させ、出力光125を減じることが可能となる。これにより、光ヒューズ動作が可能となる。

[0008] 図13は、特開平11-274547号公報に開示されているファイバー型光ヒューズの構成例である。この例は特開平11-281842号公報記載の技術と原理的には同じであるが、光ファイバー131を通る入力光135の光パワーにより透過率、反射率が不可逆的に変化する膜体132を光伝送路中に介在させ、ある光パワー以上で発熱による熱劣化等により透過率が減少し、出力光136を減じることが可能となる。これにより、光ヒューズ動作が可能となる。

[0009] ここでモニター素子133、電源・判定回路134は、反射光強度を監視することにより、膜体132の劣化の程度を定量的にモニターするために設けられている。

## 発明の開示

### 発明が解決しようとする課題

[0010] 光制御装置、光ヒューズ装置としては、光通信装置等に直接に接続が可能となるように、小型、無電源あるいは低消費電力、低損失等が要求される。また、光通信装置等に用いられている光素子においてはmWレベルで破壊或いは劣化する場合が多く、例えば光電変換素子であるPIN-PDあるいはアバランシェフォトダイオード(APD)では、数mWレベルの光入力により受光面の熱損傷が生じ、素子破壊が起こることが知られている。

このため光ヒューズとしては、光ファイバーアンプ中により生じるWレベルの光パルス(サージ光レベル)から数mWレベルの入力光まで、広いパワー領域での動作が求められている。

[0011] しかし、上記米国特許公開明細書20020141021 A1に開示されているファイバー型の光ヒューズでは、ファイバーヒューズ現象を生じさせるためには、コア領域が1000K以上の高温になることが必要である。このため、このファイバー型の光ヒューズは、通常動作光パワーがW級レベルの場合には適用可能であるが、数mWレベルでの動作を行わせることは原理的に困難である。

また、ファイバー溶融が伴うために非可逆な動作であり、動作後には交換が必要となるという課題がある。

[0012] また、特開平11-281842号公報、特開平11-274547号公報に開示されているファイバー型の光ヒューズにおいても、発熱による感熱層および膜体の熱破壊・熱劣化を利用するために、動作光パワーがW級レベルである。また、原理上同様に非可逆な動作であるために、動作後には交換が必要となるという課題がある。さらに、米国特許公開明細書20020141021 A1、特開平11-281842号公報、特開平11-274547号公報に開示されているファイバー型の光ヒューズにおいては、ファイバー溶融あるいは感熱層・膜体が熱を感知して破壊に至るまで時間を要するため、数ミリ秒という短時間の光サージパルスが発生した場合には、応答が遅れて光伝送路にこの光サージパルスが出力されてしまうという課題もある。

[0013] 本発明の目的は、上述する従来技術の問題点、課題に鑑み、後段の光装置等に入力する光パワーを適量に制御する、あるいは光サージ等の高入力光を遮断する際の応答速度が速く、比較的簡単な構成でかつ低消費電力、小型化が可能な光ヒューズ等の光制御装置を提供することにある。

#### 課題を解決するための手段

[0014] 本発明の光制御装置は、入力信号光の一部をモニター光として分岐する分岐手段と、該分岐したモニター光を電気信号に変換する光電変換手段と、該変換された電気信号が駆動電圧として直接印加されることにより前記入力信号光を伝送する光伝送路の開閉度を可変する開閉度可変手段とを具備することを特徴とする。

- [0015] また本発明の光制御装置は、入力信号光の一部を分岐し且つ該分岐した信号光を電気信号に変換する手段と、該変換された電気信号が駆動電圧として直接印加されることにより前記入力信号光を伝送する光伝送路の開閉度を可変する手段とを具備することを特徴とする。

### 発明の効果

- [0016] 本発明によれば、入力光の一部を分岐したモニター光を電気信号に変換する手段を設け、かつ該変換された電気信号を、光伝送路の開閉度を可変する手段に対して駆動電圧として直接印加する構成としているので、後段の光装置等に入力する光パワーの制御あるいは遮断を、高速かつ可逆的に行うことができ、かつ比較的簡単な構成で、低消費電力、小型化が可能な光ヒューズ等の光制御装置として実現することができる。

### 発明を実施するための最良の形態

- [0017] 図1は、本発明の第1の実施形態を示す光制御装置のブロック図である。本実施形態の光制御装置は、光ファイバー11等により入射した入力光17を分岐する部分14と、その分岐された入力光の一方(モニター光)12を電気信号に変換する部分(光電変換部分)15と、変換された電気信号により信号光13の光伝送路を開閉制御する部分16とを備えている。出力光18は、モニター光12に応じて光電変換部分15から出力された電気信号量により光伝送路の開閉量が制御されることによってその光パワーが調整可能となっている。
- [0018] ここで、光伝送路の開閉を所要の電気信号量で閾值的に駆動する場合には、光ヒューズとして機能する。図3は、本実施形態の光制御装置が光ヒューズとして機能する場合の光ヒューズの特性を示している。入力光17のパワーが小さいときには光伝送路を開閉制御する部分16が開状態であり、出力光18は入力光パワーに応じて出力されるが、閾値点以上の入力光パワーになると光電変換部分15から供給される電気信号により光伝送路を開閉制御する部分16が閉状態になり、出力光18は遮断される。
- [0019] モニター光12を電気信号に変換する光電変換部分15としては、例えば、特開2000-216424号公報に記載されているような、光電変換機能を有する半導体フォトボ

ル素子を用いることが望ましい。半導体フォトボル素子は、PIN型半導体構造からなり、光吸収により発生する光キャリア(電子・正孔)が拡散、分極することにより電圧を発生するため、外部電源を用いることなく光電変換が可能である。光電変換機能を有する素子として他にPIN-PDがあるが、光キャリアを印加電界下で電流信号として取り出すのが基本原理であるため、外部電源が必要となる。半導体フォトボル素子を用いることにより、無電源で信号電圧を発生し、直接光伝送路の開閉部分16を駆動することが可能となる。

[0020] また、光電変換部分15に分岐されるモニター光12は、光制御装置、光ヒューズ装置としてみると伝送損失と考えられる。このため、できるだけ少ないモニター光パワーで上記の動作を行うことが望ましい。そのためには、半導体フォトボル素子の光電変換効率を増大することが必要である。そこで、半導体フォトボル素子を2個以上直列に接続することにより変換電圧を増大して光電変換効率を上げれば、分岐されるモニター光を減らすことができるので、伝送損失を減らすことができる。

[0021] さらに、電気信号に変換する部分として上記特開2000-216424号公報に記載されるようなnipi型多重接合型半導体フォトボル素子を用いることにより光電変換効率を増大することができる。

[0022] 図4は、半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子の断面図であるが、nipi型多重接合型半導体フォトボル素子の場合には、出力電圧を発生するPIN接合部が、半導体基板上にPIN接合の繰り返しからなる多重積層部43として構成される。図4に示すように、入力光47が入力される半導体フォトボル素子は、半導体基板41上に設けられたN型クラッド層42、i型(半導体フォトボル素子の場合)あるいはnipi型多重接合構造(nipi型多重接合型半導体フォトボル素子の場合)を有する光吸収層43、P型クラッド層44、P型電極45、N型電極46を備えている。

[0023] 半導体フォトボル素子においては、出力電圧はPIN接合の拡散電位によって支配されるために、PIN接合を構成する半導体のバンドギャップエネルギーが関与する。光通信波長帯で光吸収材料として用いられるInGaAs半導体では、バンドギャップエネルギーが約0.75eVであるために、発生電圧の上限は1個の半導体フォトボル素

子では高々0.75V程度である。一方、nipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子は、図4に示すように、PIN構造が半導体基板上に多重積層43として構成されているので、原理的には出力電圧はそのPIN接合の繰返し周期数倍だけ大きな値が得られる。

[0024] 従って、多重積層部43を、PIN構造が10周期分積層した構成とすることにより、7.5Vの出力電圧が得られることになる。これにより、光電変換効率が増大し、少ないモニター光パワーで所望の電圧を得て、光伝送路の開閉部分を駆動することが可能となる。

さらに、nipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子を2個以上直列に接続することにより、変換電圧を一層増大することができる。

[0025] また、本実施形態における光伝送路の開閉部分16としては、例えば、特開2003-270559号公報に記載されているようなマイクロマシンによる光シャッターを用いることが望ましい。マイクロマシンは、微小サイズのアクチュエータからなる駆動部に特徴を有しており、このため駆動電力は $\mu$ Wレベルと極めて小さい。このようなマイクロマシンの光シャッターを適用することにより、少ないモニター光で光伝送路の開閉が可能となり、所要のモニター光を削減し、伝送損失を低減できる。また、光制御装置、光ヒューズ装置の小型化にも有用である。

[0026] または、上記光伝送路の開閉部分16として、例えば、特開平7-15093号公報に記載されているような吸収型変調器あるいは屈折率型変調器等の光素子を適用することも可能である。吸収型半導体変調器は、PIN構造に外部電界を印加することにより、吸収コア層がバルク半導体層の場合にはフランツケルディッシュ効果により、超格子層である場合にはシュタルク効果により、電界により入射光を吸収し消光することが可能である。

[0027] これにより、半導体フォトボル素子からの信号電圧を直接に変調器に印加することにより、信号電圧に応じて出力光を制御、遮断することが可能である。屈折率型変調器においても、外部電界による屈折率変化により消光動作が可能であり、同様の原理で本発明の光制御装置、光ヒューズ装置に適用が可能である。上記の光素子の動作は極めて高速(数マイクロ秒)であり、且つ素子サイズが微小であるために、光制

御装置、光ヒューズ装置の高速化、小型化にも有用である。

[0028] また、本実施形態の光制御装置では、光電変換部分15と光伝送路開閉部分16の間にオフセット用の電圧源を直列に挿入することができる。これにより、光電変換電圧に対して適量のオフセット電圧が印加され、その結果、半導体フォトボル素子からの所要の信号電圧を低減することが可能となり、モニター光12のパワーを低減できるため、光制御装置、光ヒューズ装置の伝送損失を一層低減できる。また、この場合のオフセット電圧は高々数V程度であり、消費電力としては十分に小さい。

[0029] また、本実施形態の光制御装置では、光電変換部分15、およびその電気信号により信号光13の光伝送路を開閉制御する部分16を、Si基板上等に形成された平面光回路上に一体に搭載することが可能である。その場合、入力光17を分岐する部分14は、平面回路上に導波構造として作り込むことが可能である。入力光17を分岐する部分14、光電変換部分15、光伝送路を開閉制御する部分16のうち少なくとも二つの部分を同一の平面光回路上に搭載することが望ましい。それにより、光制御装置、光ヒューズ装置の小型化を図ることができる。

[0030] また、本実施形態の光制御装置では、光伝送路の開閉度を保持する機能を付加することもできる。これは、光ヒューズとして適用した場合に、光ヒューズ動作後に閉状態を持続し、後段の光装置を保護する場合等に有用である。その場合には、例えば光電変換部分15の変換電圧を保持する電圧保持手段等を備えることにより、閉状態に変化したときの変換電圧を保持させることにより実現可能である。また、光ヒューズの開閉状態を外部から確認するために開閉状態を明示する機能を付加すること(例えば液晶表示素子やLEDを用いて表示する。)が望ましく、例えば上記保持電圧を利用した状態表示機能を搭載することができる。

[0031] 図2は、本発明の第2の実施形態を示す光制御装置のブロック図である。本実施形態の光制御装置は、光ファイバー等により入射した入力光27を分岐し且つ入力光の一方(モニター光)を電気信号に変換する機能を併せ持つ部分24と、その電気信号により信号光23の光伝送路を開閉制御する部分26からなる。光伝送路を開閉制御する部分26の開閉量は、上記モニター光に応じて出力された電気信号量によって直接制御される。これにより出力光28のパワーを調整することが可能となる。本実施

形態の光制御装置では、入力光を分岐し且つ光電変換する部分が同一の素子で実現するため、実施形態1の光制御装置の効果に加えて、さらなる構成部材の低減が可能である。

- [0032] ここで、光伝送路の開閉が所要の電気信号量で閾值的に駆動する場合には、光ヒューズとして機能する。光ヒューズとしての特性は図3に示すように、入力光27のパワーが小さいときには光伝送路を開閉制御する部分26が開状態であり出力光28は入力光パワーに応じて出力されるが、閾値点以上の入力光パワーになると、モニター光を電気信号に変換する機能により発生した電気信号により光伝送路を開閉制御する部分26が閉状態になり、出力光28は遮断される。
- [0033] 入力光27を分岐し且つ電気信号に変換する光電変換部分24については、図5に示すような、装架型構造を有する半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子を用いることが望ましい。
- [0034] 図5に示す装架型構造を有する半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子では、入力光58が光ガイド層52に入射し、導波しながら一部入力光(導波光の一部)はPIN型吸収層あるいはnipi型多重接合構造の吸収層54のフォトボル領域に結合(エバネッセント結合)し、吸収により電圧を発生する。また、結合しない導波光は出力側より出射光59として出力される。図5に示すように、装架型半導体フォトボル素子は、基板51上に設けられた光ガイド層52、N型クラッド層53、i型あるいはnipi型多重接合構造を有する光吸収層54、P型クラッド層55、P型電極56、N型電極57を備えている。
- [0035] これにより、入力光の分岐および半導体フォトボルでの電気信号の発生が一つの素子で可能となり第1の実施形態よりも構成部材を削減できる特徴を有する。ここで、nipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子を用いた場合、前述したようにPIN接合の繰り返し周期数分に応じた出力電圧が得られるため、光電変換効率が増大し、少ないモニター光パワーで所望の電圧を得て、光伝送路の開閉部分を駆動することが可能となる。従って光制御装置における伝送損失を減らすことができる。
- [0036] また、光伝送路の開閉部分26としては、マイクロマシンを用いた光シャッター、また



は、吸収型変調器あるいは屈折率型変調器等の光素子を適用することが可能である。前述したよう、マイクロマシンは、微小サイズのアクチュエータからなる駆動部に特徴を有しており、このため駆動電力は $\mu$  Wレベルと極めて小さい。このようなマイクロマシンの光シャッターを適用することにより、少ないモニター光で光伝送路の開閉が可能となり、所要のモニター光を削減し、伝送損失を低減できる。また、吸収型変調器あるいは屈折率型変調器等は、電界により消光することが可能であり、半導体フォトボル素子からの信号電圧を直接に変調器に印加することにより、信号電圧に応じて高速に出力光を制御、遮断することが可能である。以上により、光制御装置、光ヒューズ装置の高速化、小型化に有用である。

[0037] また、本実施形態の光制御装置においても、光電変換部分24と光伝送路開閉部分26の間にオフセット用の電圧源を直列に挿入し、適量のオフセット電圧を印加することにより、半導体フォトボル素子からの所要の信号電圧を低減できる。これにより、モニター光パワーを低減できるため、光制御装置、光ヒューズ装置の伝送損失を一層低減できる。

[0038] また、本実施形態の光制御装置における、入力光27を分岐し且つ入力光の一方(モニター光)を電気信号に変換する機能を併せ持つ部分24と、その電気信号により信号光23の光伝送路を開閉制御する部分26は、Si基板上等に形成された平面光回路上に一体に搭載することが可能である。これにより、光制御装置、光ヒューズ装置の小型化に一層有利となる。

[0039] また、本実施形態の光制御装置においても、光伝送路の開閉度を保持する機能が必要となる場合もある。これは、光ヒューズとして適用した場合に、光ヒューズ動作後に閉状態を持続し、後段の光装置を保護する場合等に有用である。また、光ヒューズの開閉状態を外部から確認するために開閉状態を明示する機能を付加することが望ましく、例えば、保持電圧を利用した状態表示機能を搭載することも有用である。

[0040] [実施例1]

図6は、第1の実施形態の光制御装置を光ヒューズ装置(光ヒューズ動作パワー10 mW)として具体化した実施例を示す平面図である。

[0041] 本実施例では、光ファイバー61等により入射した入力光67は、ビームスプリッター

64(信号光:モニター光=9:1に分岐)により分岐され、分岐されたモニター光62は半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子65に入射する。信号光63はマイクロマシン(光シャッター)66を通して出力光68として出力される。半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子65では、モニター光62のレベルに応じた信号電圧を発生し、直接にマイクロマシン(光シャッター)66に供給する。

- [0042] ここで、高パワーの入力光が入射した場合に、マイクロマシン(光シャッター)66の駆動電圧以上の信号電圧がマイクロマシン(光シャッター)66の駆動部に印加され、光シャッターが駆動して閉状態となり、光ヒューズ動作が可能となる。マイクロマシン(光シャッター)66は、本実施例では動作電圧5Vの静電アクチュエータ方式によるものを用いる。そのため、半導体フォトボル素子としては出力電圧5Vが要求される。これは、半導体フォトボル素子として、nipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子を用いれば、PIN構造の多重積層分だけ電圧が得られるので容易に要求を満たすことができる。
- [0043] 具体的には本実施例では、p型InGaAs 10nm( $p=1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )、i型InGaAs 50nm、n型InGaAs 10nm( $n=1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )を一周期とするPIN構造を10周期積層したnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子65を用いた。この素子では、モニター光62が1mW時に5Vの出力電圧が得られた。このような構成のもと、入力光が10mW入力した時に、モニター光として1mWが分岐され、半導体フォトボル素子により5Vの電圧が発生し、マイクロマシン(光シャッター)が駆動して、光ヒューズ動作が行われた。
- [0044] 光ヒューズ動作が生じる入力パワーに関しては、設計により容易に変更が可能で、ビームスプリッター64の分岐比、半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子65の光電変換率を調整することにより、調整が可能である。W級程度のサージ光に適用する場合には、モニター光側の分岐比を極端に小さくできるので光ヒューズ装置としての損失は極めて低くなる。
- [0045] また、半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子65とマイクロマシン(光シャッター)66の間に、オフセット用電圧源2Vを直列

に接続することにより、モニター光0.5mW時の信号電圧で光ヒューズ動作が可能となった。これにより、ビームスプリッター64の分岐比を、信号光:モニター光=9.5:0.5にすることが可能になり、光ヒューズ装置の伝送損失を、10%から5%に低減できた。

[0046] [実施例2]

図7は、第1の実施形態の光制御装置を光ヒューズ装置(光ヒューズ動作パワー10mW)として具体化した他の実施例を示す平面図である。

[0047] 本実施例では、光ファイバー71等により入射した入力光77は、ビームスプリッター74(信号光:モニター光=9:1に分岐)により分岐され、分岐されたモニター光72は半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子75に入射する。信号光73は半導体吸収型変調器76を通して出力光78として出力される。半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子75では、モニター光に応じて信号電圧を発生し、直接に半導体吸収型変調器76に供給する。ここで、高パワーの入力光が入射した場合に、半導体吸収型変調器76の消光電圧以上に信号電圧が印加され、半導体吸収型変調器76が駆動し閉状態となり、光ヒューズ動作が可能となる。

[0048] 本実施例では、消光電圧3Vの半導体吸収型変調器76を適用した。これより、半導体フォトボル素子は、3Vの電圧発生が要求される。これは、例えばnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子を用いれば、PIN構造の多重積層分だけ電圧が得られるので容易に要求を満たすことができる。具体的には本実施例では、p型InGaAs 10nm( $p=1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )、i型InGaAs 50nm、n型InGaAs 10nm( $n=1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )を一周期とするPIN構造を5周期積層したnipi型多重接合型半導体フォトボル素子75を用いた。

[0049] この素子では、モニター光72が1mWの時に3Vの出力電圧が得られた。このような構成のもと、入力光が10mW入力した時に、モニター光として1mWが分岐され、半導体フォトボル素子により3Vの電圧が発生し、半導体吸収型変調器76が消光して光ヒューズ動作が行われた。光ヒューズ動作が生じる入力パワーに関しては、設計により容易に変更が可能で、ビームスプリッター74の分岐比、半導体フォトボル素子あ

るいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子75の光電変換率を調整することにより、調整が可能である。

[0050] また、本実施例でも、半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子75と半導体吸収変調器76の間に、オフセット用電圧源2Vを直列に接続することにより、モニター光として0.1mWでの光ヒューズ動作が可能となり、ビームスプリッター74の分岐比を、信号光:モニター光=9.9:0.1にすることが可能になった。これにより、光ヒューズ装置の伝送損失を、10%から1%に低減できた。

[0051] [実施例3]

図8は、第1の実施形態の光制御装置を光ヒューズ装置(光ヒューズ動作パワー10mW)として、平面光回路を搭載したSi基板上に配置して具体化した実施例を示す平面図である。

[0052] 本実施例では、光ファイバー81等により入射した入力光87は、Si基板89上に形成されたビーム分岐導波路84(信号光:モニター光=9:1に分岐)により分岐され、分岐されたモニター光82は半導体Si基板89上に搭載された半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子85に入射する。信号光83はマイクロマシン(光シャッター)86を通して出力光88として出力される。半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子85では、モニター光82のレベルに応じた信号電圧を発生し、直接にSi基板89上に搭載されたマイクロマシン(光シャッター)86に供給する。

[0053] ここで、高パワーの入力光が入射した場合に、モニター光82が入射される半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子85で変換される信号電圧も大きくなり、マイクロマシン(光シャッター)86の駆動電圧以上の信号電圧が印加されると、光シャッターが駆動して閉状態となり、光ヒューズ動作が可能となる。マイクロマシン(光シャッター)86は、本実施例では動作電圧5Vの静電アクチュエータ方式によるものを用いる。これより、半導体フォトボル素子としては出力電圧5Vが要求される。これは、半導体フォトボル素子として、nipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子を用いれば、PIN構造の多重積層分だけ電圧が得られるので

要求を満たすことができる。

[0054] 具体的には本実施例では、p型InGaAs 10nm ( $p=1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )、i型InGaAs 50nm、n型InGaAs 10nm ( $n=1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )を一周期とするPIN構造を10周期積層したnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子85を用いた。この素子では、モニター光82が1mW時に5Vの出力電圧が得られた。このような構成のもと、入力光が10mW入力した時に、モニター光として1mWが分岐され、半導体フォトボル素子により5Vの電圧が発生し、マイクロマシン(光シャッター)が駆動して、光ヒューズ動作が行われた。

[0055] 光ヒューズ動作が生じる入力パワーに関しては、設計により容易に変更が可能で、分岐導波路84の分岐比、半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子85の光電変換率を調整することにより、調整が可能である。W級程度のサージ光に適用する場合には、モニター光側の分岐比を極端に小さくできるので光ヒューズ装置としての損失は極めて低くなる。

[0056] また、本実施例においても、半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子85とマイクロマシン(光シャッター)86の間に、オフセット用電圧源2Vを直列に接続することにより、モニター光0.5mW時の信号電圧で光ヒューズ動作が可能となった。これにより、分岐導波路84の分岐比を、信号光:モニター光=9.5:0.5にすることが可能になり、光ヒューズ装置の伝送損失を、10%から5%に低減できた。また、本実施例では、Si基板上の平面光回路に構成部品が集積搭載されているため、実施例1に比較して装置体積が1/2に減少し、一層の小型化が可能となった。

[0057] [実施例4]

図9は、第2の実施形態の光制御装置を光ヒューズ装置(光ヒューズ動作パワー10mW)として、具体化した実施例を示す平面図である。

[0058] 本実施例では、光ファイバー91等により入射した入力光97は、装架型半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子95に入射光92として入射し、入射光は装架型半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子95内を導波しながら一部は図5に示

した様にフォトボル領域に結合(エバネッセント結合)して吸収され、電圧を発生する。また、結合しない導波光は出力側より出射光93として出射される。出射光93はマイクロマシン(光シャッター)96を通して出力光98として出力される。

- [0059] 装架型半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子95では、吸収光に応じて信号電圧を発生し、直接にマイクロマシン(光シャッター)96に供給する。
- [0060] ここで、高パワーの入力光が入射した場合に、装架型半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子95で変換される信号電圧も大きくなり、マイクロマシン(光シャッター)96の駆動電圧以上の信号電圧が印加されると、光シャッターが駆動して閉状態となり、光ヒューズ動作が可能となる。
- [0061] 本実施例では、装架型半導体フォトボル素子でのフォトボル領域への光分岐比率が10%の素子を、またマイクロマシン(光シャッター)96は駆動電圧5Vの静電アクチュエータ方式によるものを用いた。これより、装架型半導体フォトボル素子は5Vの電圧発生が要求される。これは、装架型半導体フォトボル素子として、nipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子を用いれば、PIN構造の多重積層分だけ電圧が得られるので容易に要求を満たすことができる。
- [0062] 具体的には本実施例では、p型InGaAs 10nm( $p=1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )、i型InGaAs 50nm、n型InGaAs 10nm( $n=1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )を一周期とするPIN構造を10周期積層したnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子95を用いた。この素子では、吸収光が1mWの時に5Vの出力電圧が得られた。このような構成のもと、入力光が10mW入力した時に、フォトボル領域に1mWが分岐されて5Vの電圧が発生し、マイクロマシン(光シャッター)が駆動して、光ヒューズ動作が行われた。
- [0063] 光ヒューズ動作が生じる入力パワーに関しては、設計により容易に変更が可能で、装架型半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子95のフォトボル領域への結合(エバネッセント結合)度等を変えて光電変換率を調整することにより、調整が可能である。また、nipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子95とマイクロマシン(光シャッター)96の間に、オフセット用電圧源2Vを直列に接続することにより、光ヒューズ動作のための半導体フォ

トボル領域への光分岐比率を5%に低減できた。これにより、光ヒューズ装置の伝送損失を、10%から5%に低減できた。

[0064] また、本実施例において、マイクロマシン(光シャッター)96の代わりとして、吸収型変調器あるいは屈折率型変調器等により信号光93を遮断することも可能である。

[0065] [実施例5]

図10は、第2の実施形態の光制御装置を光ヒューズ装置(光ヒューズ動作パワー10mW)として、平面光回路を搭載したSi基板上に配置して具体化した実施例を示す平面図である。

[0066] 本実施例では、光ファイバー101等により入射した入力光107は、Si基板109上に搭載された装架型半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子105に入射光102として入射し、入射光が導波しながら一部は図5に示した様にフォトボル領域に結合(エバネッセント結合)して吸収され、光電変換電圧を発生する。また、結合しない導波光は出力側より出射光103として出射される。出射光103はマイクロマシン(光シャッター)106を通過して出力光108として出力される。装架型半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子105では、吸収光に応じて信号電圧を発生し、直接にSi基板109上に搭載されたマイクロマシン(光シャッター)106に供給する。

[0067] ここで、高パワーの入力光が入射した場合に、装架型半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子105で変換される信号電圧も大きくなり、マイクロマシン(光シャッター)106の駆動電圧以上の信号電圧が印加されると、光シャッターが駆動して閉状態となり、光ヒューズ動作が可能となる。本実施例では、装架型半導体フォトボル素子でのフォトボル領域への光分岐比率が10%の素子を、またマイクロマシン(光シャッター)106は駆動電圧5Vの静電アクチュエータ方式よるものを用いた。これより、装架型半導体フォトボル素子は5Vの電圧発生が要求される。

[0068] これは、半導体フォトボル素子として、nipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子を用いれば、PIN構造の多重積層分だけ電圧が得られるので要求を満たすことができる。具体的には本実施例では、p型InGaAs 10nm( $p=1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ )

$\text{m}^{-3}$ )、i型InGaAs 50nm、n型InGaAs 10nm( $n=1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ )を一周期とするPIN構造を10周期積層したnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子105を用いた。この素子では、吸収光が1mWの時に5Vの出力電圧が得られた。

[0069] このような構成のもと、入力光が10mW入力した時に、フォトボル領域に1mWが分岐されて5Vの電圧が発生し、マイクロマシン(光シャッター)106が駆動して、光ヒューズ動作が行われた。光ヒューズ動作が生じる入力パワーに関しては、設計により容易に変更が可能で、装架型半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子105のフォトボル領域への結合(エバネッセント結合)度等を変えて光電変換率を調整することにより、調整が可能である。

[0070] また、本実施例においても、nipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子105とマイクロマシン(光シャッター)106の間に、オフセット用電圧源2Vを直列に接続することにより、光ヒューズ動作のための半導体フォトボル領域への光分岐比率を5%にまで低減できた。これにより、光ヒューズ装置の伝送損失を、10%から5%に低減できた。さらに、マイクロマシン(光シャッター)106の代わりとして、吸収型変調器あるいは屈折率型変調器等により信号光103を遮断することも可能である。また、本実施例では、Si基板上の平面光回路に構成部品が集積搭載されているため、実施例4に比較して装置体積が2/3に減少し、一層の小型化が可能となった。

[0071] 以上のように、本発明の実施により、後段の光装置等に入力する光パワーの制御あるいは遮断を、高速かつ可逆的に行うことができ、かつ比較的簡単な構成で、小型、無電源あるいは低消費電力、低損失等の特性を備えるとともに、光ファイバーを用いた光通信、光計測等の装置に直接接続が可能な光制御装置が実現できる。

#### 産業上の利用可能性

[0072] 本発明は、サージ光や高入力光からの防護に用いられる光制御装置に適用される。

#### 図面の簡単な説明

[0073] [図1]本発明の第1の実施形態を示す光制御装置のブロック図である。

[図2]本発明の第2の実施形態を示す光制御装置のブロック図である。



[図3]本発明の光制御装置による光ヒューズ特性を示す図である。

[図4]第1の実施形態の光制御装置に用いられる半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体フォトボル素子の断面図である。

[図5]第2の実施形態の光制御装置に用いられる装架型半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボル素子の斜視図である。

[図6]第1の実施形態の光制御装置を具体化した実施例1を示す平面図である。

[図7]第1の実施形態の光制御装置を具体化した実施例2を示す平面図である。

[図8]第1の実施形態の光制御装置を具体化した実施例3を示す平面図である。

[図9]第2の実施形態の光制御装置を具体化した実施例4を示す平面図である。

[図10]第2の実施形態の光制御装置を具体化した実施例5を示す平面図である。

[図11]従来の光制御装置を示す図である。

[図12]従来の他の光制御装置を示す図である。

[図13]従来の他の光制御装置を示す図である。

#### 符号の説明

- [0074] 11, 21, 61, 71, 81, 91, 101, 111, 121, 131, 141 光ファイバー  
12, 47, 62, 72, 82 モニター光  
13, 23, 63, 73, 83 信号光  
14 入力光を分岐する部分  
15 光電変換部分  
16, 26 光伝送路の開閉部分  
17, 27, 58, 67, 77, 87, 97, 107, 115, 124, 135, 147 入力光  
18, 28, 59, 68, 78, 88, 98, 108, 116, 125, 136, 148 出力光  
24 入力光を分岐し且つ光電変換を行う部分  
41 半導体基板  
42, 53 N型クラッド層  
43, 54 i型あるいはnipi型多重接合構造を有する光吸収層  
44, 55 P型クラッド層  
45, 56 P型電極

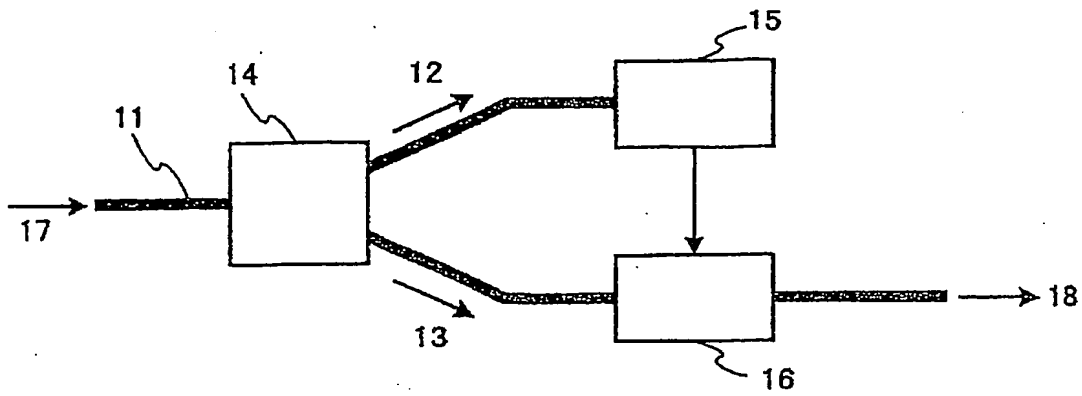
- 46, 57 N型電極
- 51 基板
- 52 光ガイド層
- 64, 74, ビームスプリッター
- 65, 75, 85 半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する半導体  
フォトボル素子
- 66, 86, 96, 106 マイクロマシン(光シャッター)
- 76 半導体吸収型変調器
- 84 分岐導波路
- 89, 109 平面回路を搭載したSi基板
- 92, 102 入射光
- 93, 103 出射光
- 95, 105 装架型半導体フォトボル素子あるいはnipi型多重接合構造を有する装  
架型半導体フォトボル素子
- 104 導波路
- 112 光ファイバーアンプ
- 113 励起光源
- 114 テーパ型光ファイバー
- 122 筐体
- 123 感熱性物質および光発熱物質による媒体
- 132 膜体
- 133, 144 モニター素子(PIN-PD)
- 134, 146 電源・判定回路
- 142 モニター用分岐光
- 143 光分岐部分
- 145 機械シャッター

## 請求の範囲

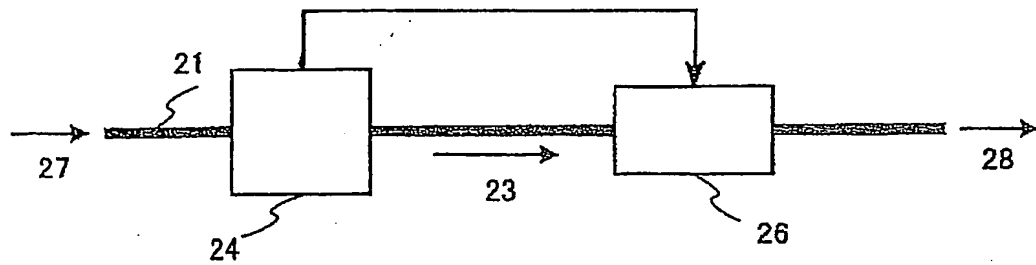
- [1] 入力信号光の一部をモニター光として分岐する分岐手段と、該分岐したモニター光を電気信号に変換する光電変換手段と、該変換された電気信号が駆動電圧として直接印加されることにより前記入力信号光を伝送する光伝送路の開閉度を可変する開閉度可変手段とを具備することを特徴とする光制御装置。
- [2] 前記光電変換手段は、1個もしくは2個以上の半導体フォトボル素子によって構成されていることを特徴とする請求項1に記載の光制御装置。
- [3] 前記光電変換手段は、1個もしくは2個以上のnipi型多重接合構造からなる半導体フォトボル素子によって構成されていることを特徴とする請求項1に記載の光制御装置。
- [4] 前記開閉度可変手段は、マイクロマシンを用いた光シャッターによって構成されていることを特徴とする請求項1に記載の光制御装置。
- [5] 前記開閉度可変手段は、吸収型変調器あるいは屈折率型変調器等の光素子によって構成されていることを特徴とする請求項1に記載の光制御装置。
- [6] 前記光電変換手段と前記開閉度可変手段の間に、電圧源が挿入されていることを特徴とする請求項1に記載の光制御装置。
- [7] 前記分岐手段と、前記分岐したモニター光を電気信号に変換する手段と、前記電気信号により前記光伝送路の開閉度を可変する手段の内、少なくとも2つが、同一の平面光回路上に配置されていることを特徴とする請求項1に記載の光制御装置。
- [8] 前記開閉度可変手段は、前記電気信号により制御された開閉状態を保持する手段と、該保持された開閉状態を明示する手段を具備していることを特徴とする請求項1に記載の光制御装置。
- [9] 入力信号光の一部を分岐し且つ該分岐した信号光を電気信号に変換する分岐・光電変換手段と、該変換された電気信号が駆動電圧として直接印加されることにより前記入力信号光を伝送する光伝送路の開閉度を可変する開閉度可変手段とを具備することを特徴とする光制御装置。
- [10] 前記分岐・光電変換手段は、装架型構造を有する半導体フォトボル素子によって構成されていることを特徴とする請求項9に記載の光制御装置。

- [11] 前記分岐・光電変換手段は、nipi型多重接合構造を有する装架型半導体フォトボ  
ル素子によって構成されていることを特徴とする請求項9に記載の光制御装置。
- [12] 前記開閉度可変手段は、マイクロマシンを用いた光シャッターによって構成されて  
いることを特徴とする請求項9に記載の光制御装置。
- [13] 前記開閉度可変手段は、吸収型変調器あるいは屈折率型変調器等の光素子によ  
って構成されていることを特徴とする請求項9に記載の光制御装置。
- [14] 前記分岐・光電変換手段と前記開閉度可変手段との間に、電圧源が挿入されてい  
ることを特徴とする請求項9に記載の光制御装置。
- [15] 前記分岐・光電変換手段と、前記開閉度可変手段とが、同一の平面光回路上に配  
置されていることを特徴とする請求項9に記載の光制御装置。
- [16] 前記開閉度可変手段は、前記電気信号により制御された開閉状態を保持する手段  
と、該保持された開閉状態を明示する手段を具備していることを特徴とする請求項9  
に記載の光制御装置。

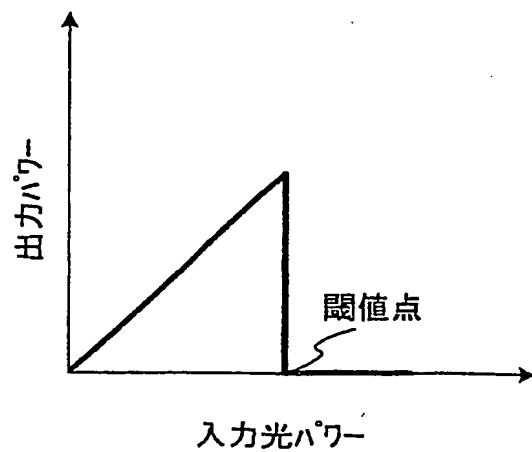
[図1]



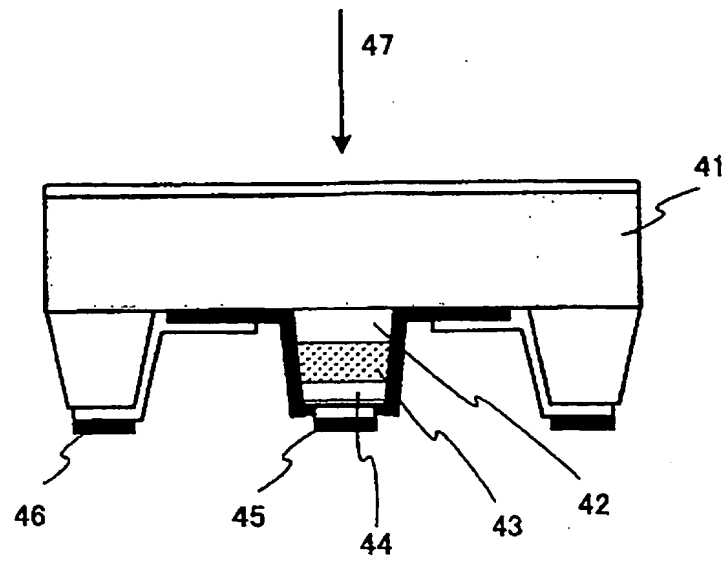
[図2]



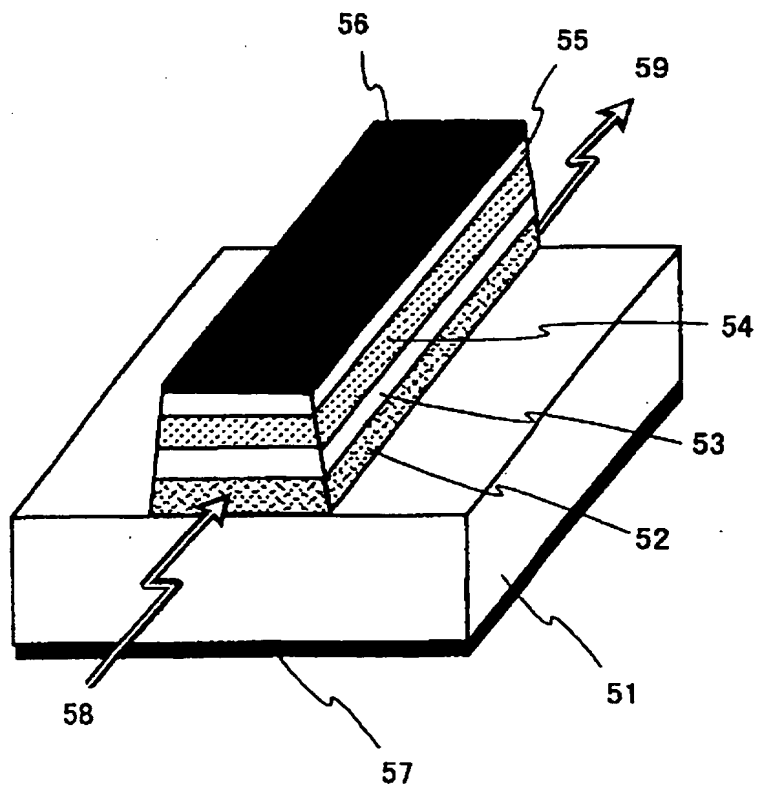
[図3]



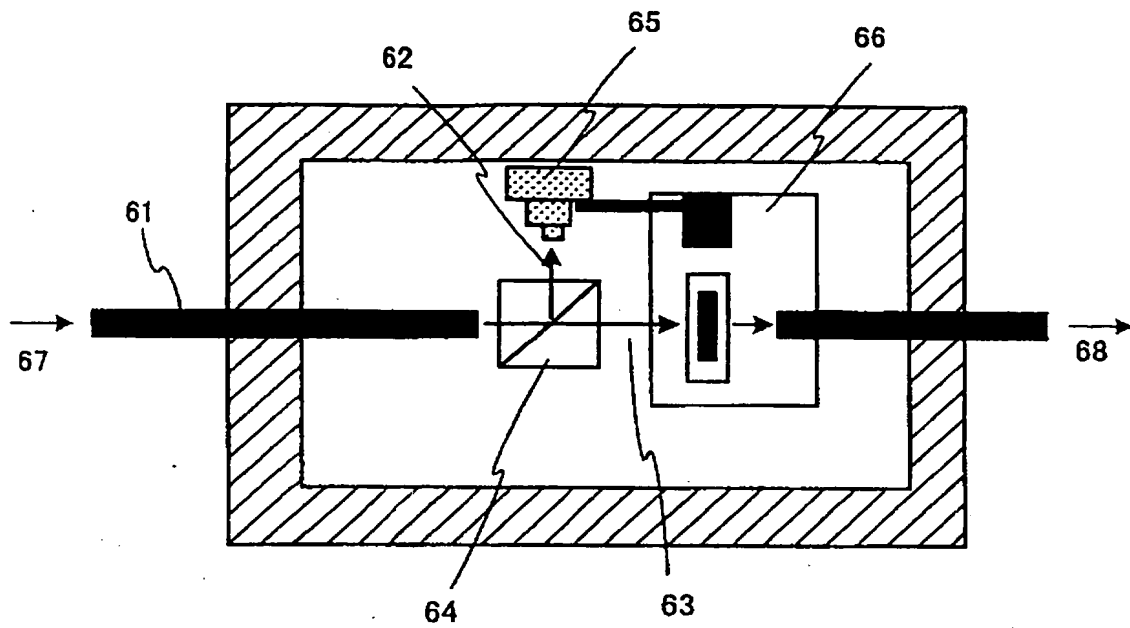
[図4]



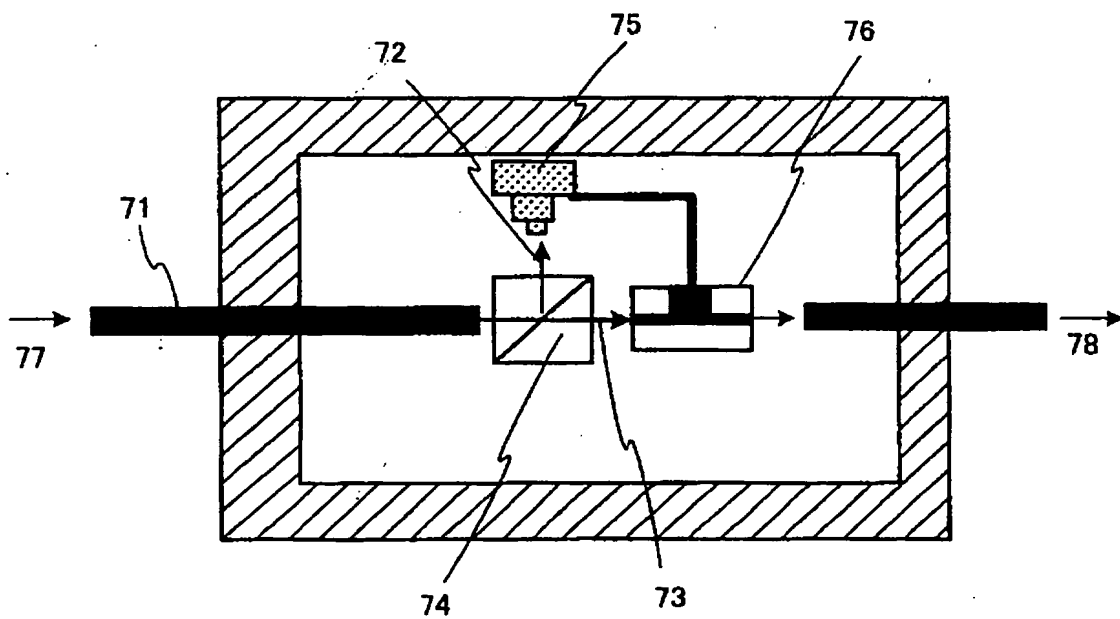
[図5]



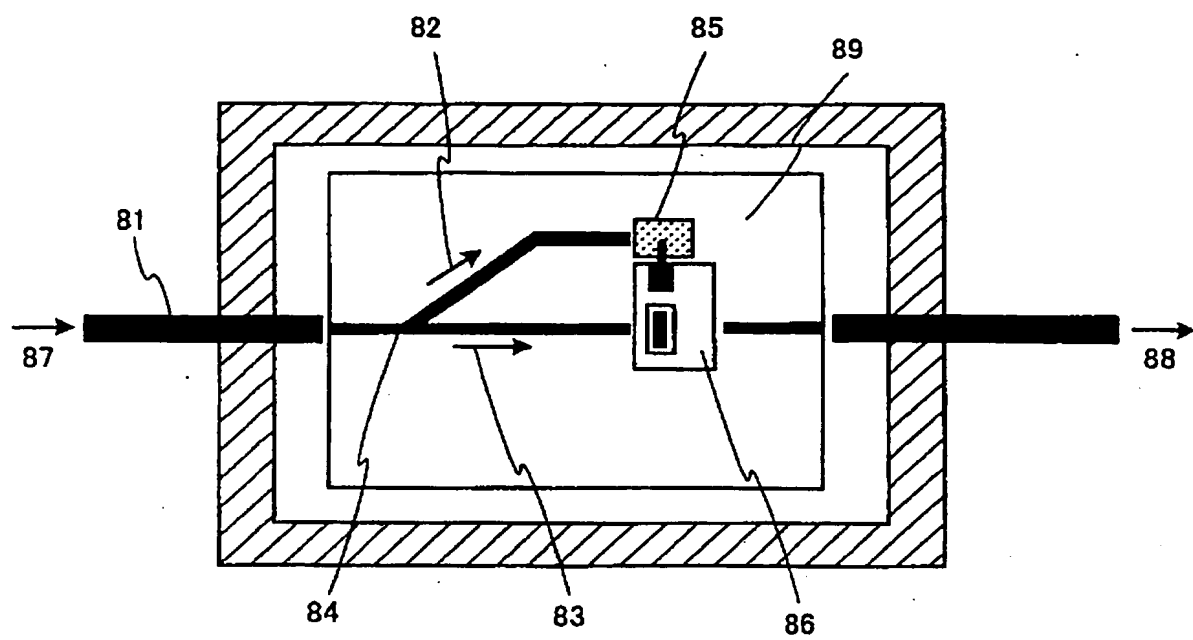
[図6]



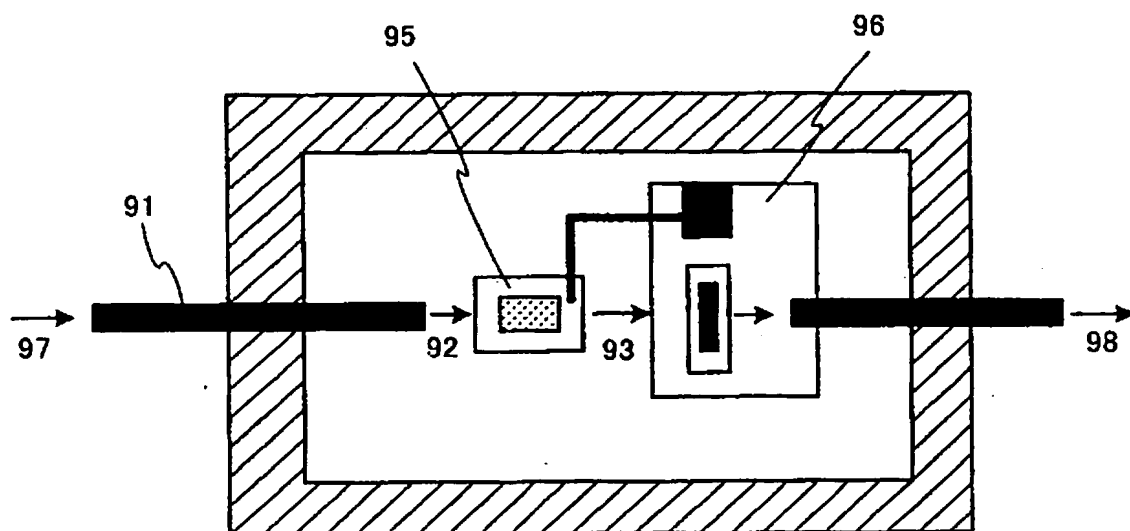
[図7]



[図8]

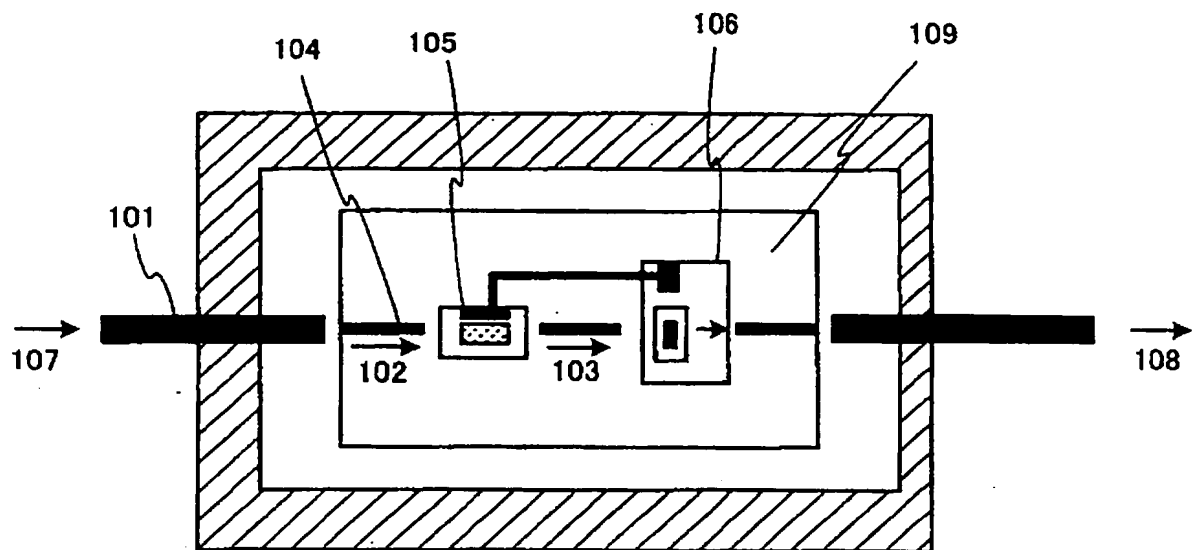


[図9]

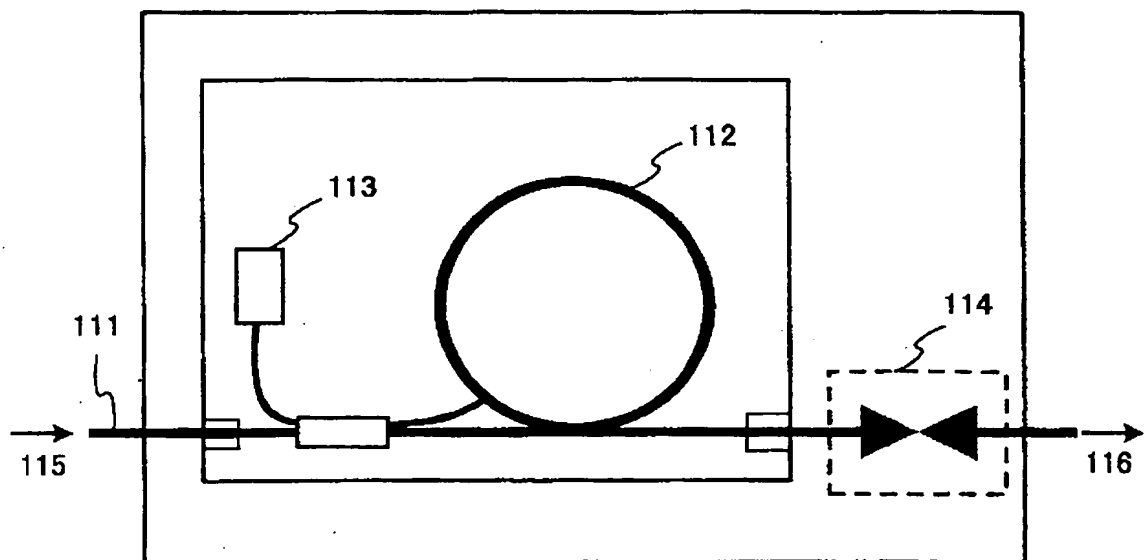




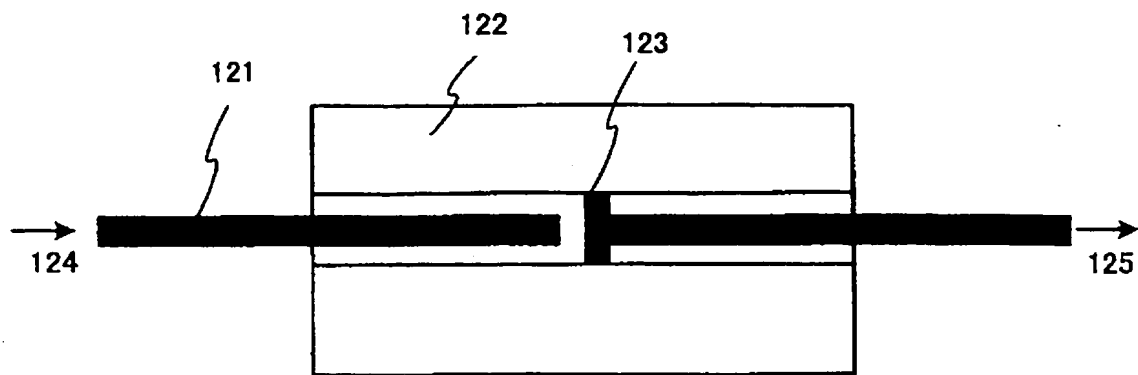
[図10]



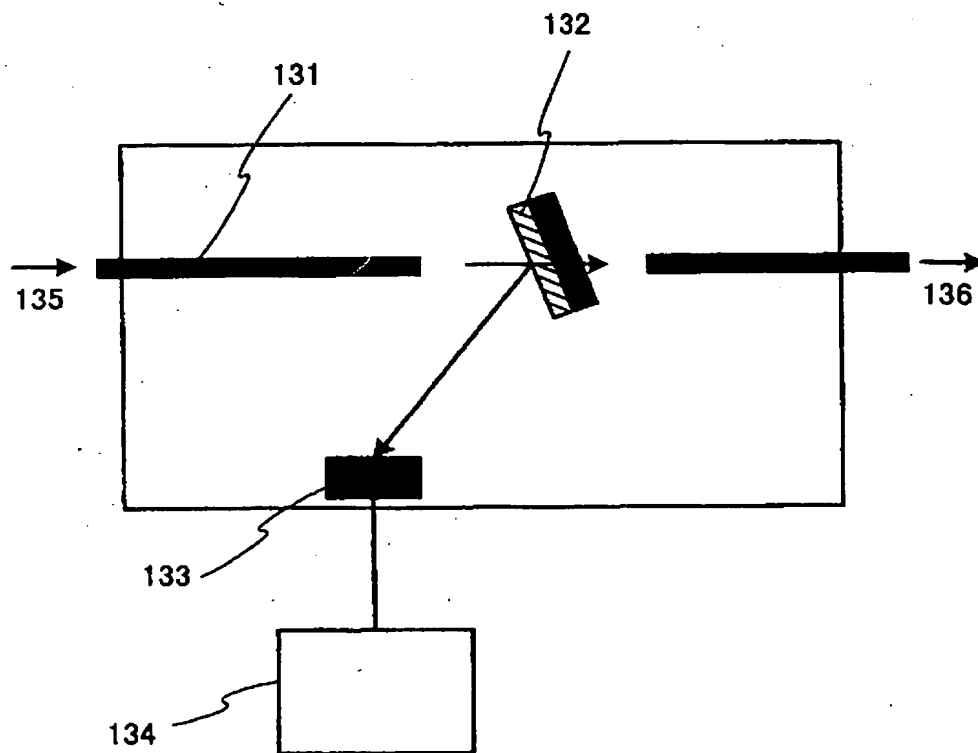
[図11]



[図12]



[図13]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/017062

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> G02F1/015, G02B26/02, H04B10/16

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> G02F1/015, G02B26/02, H04B10/16

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2004
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2004	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2004

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 57-155503 A (Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.),	1, 2, 4, 8, 9,
Y	25 September, 1982 (25.09.82), Page 2, upper right column, line 3 to page 3, lower left column, line 3; Figs. 2 to 6 (Family: none)	12, 16 3, 5-7, 10, 11, 13-15
Y	JP 2000-216424 A (NEC Corp.), 04 August, 2000 (04.08.00), Par. Nos. [0031] to [0052]; Figs. 1 to 6 (Family: none)	3, 10, 11
Y	JP 7-15093 A (NEC Corp.), 17 January, 1995 (17.01.95), Full text; all drawings & EP 631168 A1 & US 5499259 A	5, 6, 13, 14

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.☐ See patent family annex.

\* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&amp;" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search  
14 December, 2004 (14.12.04)Date of mailing of the international search report  
28 December, 2004 (28.12.04)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2004/017062

## C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 62-80614 A (The Furukawa Electric Co., Ltd.), 14 April, 1987 (14.04.87), Page 2, upper left column, line 12 to lower left column, line 9; Fig. 1 (Family: none)	6, 14
Y	JP 4-328510 A (International Business Machines Corp.), 17 November, 1992 (17.11.92), Full text; all drawings & EP 505655 A1 & US 5271075 A	7, 15
Y	JP 2003-270559 A (Sumitomo Heavy Industries, Ltd.), 25 September, 2003 (25.09.03), Par. Nos. [0013], [0014], [0019] to [0022] (Family: none)	4, 12

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02F1/015, G02B26/02, H04B10/16

## B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. Cl<sup>7</sup> G02F1/015, G02B26/02, H04B10/16

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報 1922-1996年  
 日本国公開実用新案公報 1971-2004年  
 日本国登録実用新案公報 1994-2004年  
 日本国実用新案登録公報 1996-2004年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
X	J P 57-155503 A (松下電器産業株式会社)	1, 2, 4, 8, 9, 12,
Y	1982. 09. 25, 第2頁右上欄第3行-第3頁左下欄第3 行, 第2-6図 (ファミリーなし)	16 3, 5-7, 10, 11, 13-15
Y	J P 2000-216424 A (日本電気株式会社) 2000. 08. 04, 第31-52段落, 図1-6 (ファミリーなし)	3, 10, 11

☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの

「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの

「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)

「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献

「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの

「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの

「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの

「&amp;」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

14. 12. 2004

国際調査報告の発送日

28.12.2004

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (ISA/JP)

郵便番号100-8915

東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)

三橋 健二

2X

9412

電話番号 03-3581-1101 内線 3293

## C (続き). 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 7-15093 A (日本電気株式会社) 1995. 01. 17, 全文, 全図 &EP 631168 A1 &US 5499259 A	5, 6, 13, 14
Y	JP 62-80614 A (古河電気工業株式会社) 1987. 04. 14, 第2頁左上欄第12-左下欄第9行, 第1図 (ファミリーなし)	6, 14
Y	JP 4-328510 A (インターナショナル・ビジネス・ マシーンズ・コーポレイション) 1992. 11. 17 全文, 全図 &EP 505655 A1 &US 5271075 A	7, 15
Y	JP 2003-270559 A (住友重機械工業株式会社) 2003. 09. 25, 第13, 14, 19-22段落 (ファミリーなし)	4, 12